

PCT

WELTOORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM
Internationales Büro

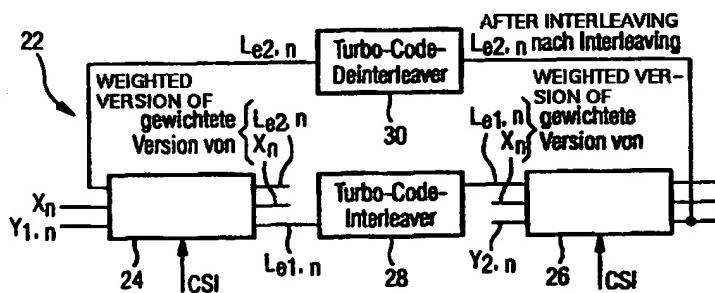


INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

(51) Internationale Patentklassifikation ⁶ :	A1	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 99/11009
H04L 1/00, 1/12		(43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 4. März 1999 (04.03.99)
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE98/02166		(81) Bestimmungsstaaten: AU, BR, CA, CN, HU, ID, IL, JP, KR, MX, NO, PL, RU, UA, US, VN, eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).
(22) Internationales Anmeldedatum: 29. Juli 1998 (29.07.98)		
(30) Prioritätsdaten: 197 36 625.2 22. August 1997 (22.08.97) DE		
(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, D-80333 München (DE).		
(72) Erfinder; und		
(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): DOETSCH, Markus [DE/DE]; Sendnicher Weg 62, D-56072 Koblenz (DE). PLECHINGER, Jörg [DE/DE]; Westermühlstrasse 16, D-80469 München (DE). JUNG, Peter [DE/DE]; Im Rabental 28, D-67697 Otterberg (DE). BERENS, Friedbert [DE/DE]; Keltenweg 67, D-67663 Kaiserslautern (DE).		
(74) Gemeinsamer Vertreter: SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT; Postfach 22 16 34, D-80506 München (DE).		

(54) Title: METHOD FOR DATA TRANSFER ON TRANSMISSION CHANNELS IN A DIGITAL TRANSMISSION SYSTEM

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR DATENÜBERTRAGUNG AUF ÜBERTRAGUNGSKANÄLEN IN EINEM DIGITALEN ÜBERTRAGUNGSSYSTEM



(57) Abstract

The invention relates to a method for data transmission on transmission channels in a digital transmission system, wherein turbo-coding for channel coding is carried out in a turbo-coder on the sender side and turbo decoding is performed with soft decision output signals on the receiver side. Service quality is determined on the basis of variances in the soft decision output signals in the turbo-decoder with the purpose of attaining improved service quality. The coding rate is adjusted by adapting dotting in such a way that a predetermined service quality is achieved. Alternatively, the number of decoding iterations is adjusted depending on the service quality. When a MAP symbol evaluator is used in the receiver side, the variances σ^2_{LLR} of the soft decision output signals of the turbo-decoder are determined and the bit error rate is estimated on the basis of the variances σ^2_{LLR} to measure service quality.

(57) Zusammenfassung

Bei einem Verfahren zur Datenübertragung auf Übertragungskanälen in einem digitalen Übertragungssystem wird zur Kanalcodierung senderseitig in einem Turbo-Codierer eine Turbo-Codierung und empfängerseitig in einem Turbo-Decodierer eine Turbo-Decodierung mit Soft-Decision-Ausgangssignalen durchgeführt. Zur Verbesserung der Dienstqualität wird die Dienstqualität aus den Varianzen der Softoutput-Ausgangssignale an dem Turbo-Decodierer bestimmt, und die Codierungsrate wird durch Anpassung der Punktierung so eingestellt, daß eine vorgegebene Dienstqualität erhalten wird. Alternativ wird die Zahl der Decodierungs-Iterationen in Abhängigkeit von der Dienstqualität eingestellt. Wenn empfängerseitig ein MAP-Symbolschätzer verwendet wird, werden die Varianzen σ^2_{LLR} der Soft-Decision-Ausgangssignale des Turbo-Decodierers bestimmt, und aus den Varianzen σ^2_{LLR} wird die Bitfehlerrate als Maß für die Dienstqualität berechnet.

LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Lettland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidschan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland			TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	ML	Mali	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MN	Mongolei	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MR	Marokanien	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MW	Malawi	US	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	IT	Italien	MX	Mexiko		
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NE	Niger	UZ	Usbekistan
CG	Kongo	KE	Kenia	NL	Niederlande	VN	Vietnam
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NO	Norwegen	YU	Jugoslawien
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	NZ	Neuseeland	ZW	Zimbabwe
CM	Kamerun			PL	Polen		
CN	China	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CU	Kuba	KZ	Kasachstan	RO	Rumänien		
CZ	Tschechische Republik	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
DE	Deutschland	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DK	Dänemark	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
EE	Estland	LR	Liberia	SG	Singapur		

Beschreibung

Verfahren zur Datenübertragung auf Übertragungskanälen in einem digitalen Übertragungssystem

5 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Datenübertragung auf Übertragungskanälen in einem digitalen Übertragungssystem, bei dem zur Kanalcodierung senderseitig in einem Turbo-Codierer eine Turbo-Codierung und empfängerseitig in einem 10 Turbo-Decodierer eine Turbo-Decodierung mit Soft-Decision-Ausgangssignalen durchgeführt wird.

In P. Jung, „Comparison of Turbo-Code Decoders Applied to Short Frame Transmission Systems“, IEEE Journal on Selected 15 Areas in Communications, Band 14 (1996) Seiten 530 - 537 wird die Anwendung von Turbo-Codes für digitale Übertragungssysteme untersucht, wobei sowohl Codierer als auch Decodierer für die Turbocodes in der Übertragungsstrecke untersucht werden. 20 Die Decodierung der Turbocodes beruht auf der Verwendung von Soft-Input/Soft-Output-Decodierern, die entweder unter Verwendung von MAP (Maximum a-posteriori)-Symbolschätzern oder von MAP-Sequenzschätzern, beispielsweise einem Schätzer mit einem a-priori-Soft-Output-Viterbi-Algorithmus (APRI-SOVA) verwirklicht werden können. In dieser Veröffentlichung werden 25 vier verschiedene Decodiereranordnungen und ihre Fähigkeiten, bestimmte Fehlerraten zu verarbeiten, beschrieben. Außerdem wird die Leistungsfähigkeit dieser Decoder bei verschiedenen Anwendungsfällen untersucht. Es wird festgestellt, daß die Turbocodes und deren iterative Decodierung eine wirksame Maßnahme gegen Paketfehler ist.

In ICC '95, Seattle, Washington, Juni 18-22, 1995, „Turbo Codes for BCS Applications“, D. Divsalar und F. Pollara, werden Turbocodes vorgeschlagen, um eine Fehlerkorrektur bis nahe an die sogenannte Shannon-Grenze zu erreichen. Dazu sollen 35 verhältnismäßig einfache Komponentencodes und große Interlea-

ver verwendet werden. In dieser Veröffentlichung werden die Turbocodes in einem Codierer mit mehrfachen Codes erzeugt und in einem geeigneten Decodierer decodiert. Die Turbocodes wurden von Berrou et al. 1993 eingeführt (siehe C. Berrou, A.

- 5 Glavieux und P. Thitimayshima, „Near Shannon limit area correction coding: Turbo codes“ Proc. 1993 IEE International conference on communications, Seiten 1064-1070). Mit dieser Methode kann einerseits eine sehr gute Fehlerkorrektur erreicht werden.

10

Aus ETT European Transactions on Telecommunications, Vol. 6, No. 5, September-October 1995, „Iterative Correction of Intersymbol Interference: Turbo-Equalization“, Catherine Douillard et al. ist die sogenannte Turbo-Entzerrung bekannt, mit

- 15 der die nachteiligen Effekte der Intersymbolinterferenz bei digitalen Übertragungssystemen behoben werden sollen, die durch Faltungscodes geschützt sind. Der Empfänger führt zwei aufeinanderfolgende Soft-Output-Entscheidungen aus, die von einem Symboldetektor und einem Kanaldecodierer über einen 20 iterativen Prozess durchgeführt werden. Bei jeder Iteration wird extrinsische Information aus dem Detektor und dem Decoder bei der nächsten Iteration wie bei der Turbode-codierung verwendet. Es wird gezeigt, daß mit der Turbo-Entzerrung Intersymbolinterferenzeffekte bei Mehrweg-Kanälen überwunden 25 werden können.

- Zukünftige Übertragungssysteme, beispielsweise das Europäische UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) erfordern die Unterstützung einer Vielzahl von koexistierenden 30 Trägerdiensten mit Trägerdatenraten von bis zu 2 Mbit/s in einer flexiblen Weise, wobei der bestmögliche spektrale Wirkungsgrad angestrebt wird. In dem ACTS (Advanced Communications Technologies and Services) Projekt AC090 FRAMES (Future Radio Wideband Multiple Access Systems) wurde ein MA(Multiple 35 Access)-Schema entwickelt, welches sich FRAMES Multiple Access(FMA) nennt und die Erfordernisse von UMTS erfüllt. Als

Übertragungssystem der dritten Generation, welches einen weiten Bereich von Anwendungsgebieten, Trägerdiensten und unterschiedlichen Szenarios umfaßt, muß FMA gegenwärtige und zukünftige Entwicklungen von UMTS Funk-Interface-Standards zu

5 erfüllen. FMA umfaßt zwei Betriebsarten, nämlich WB-TDMA (Wideband Time Division Multiple Access) mit und ohne Spiegelung und Kompatibilität mit GSM (Global System for Mobile Communications) und WB-CDMA (Wideband Code Division Multiple Access). Obwohl hier im wesentlichen ein System nach FMA betrachtet wird, können auch andere Übertragungssysteme mit
10 Vielfachzugriffsverfahren, beispielsweise FDMA (Frequency Division Multiple Access) oder MC-CDMA (Multicarrier-CDMA) oder Kombinationen der erwähnten Übertragungssysteme einbezogen werden.

15 Im Hinblick auf die hohe Leistungsfähigkeit der Turbocodes ist es wünschenwert, diese bei digitalen Übertragungssystemen einzusetzen. Die vielfältigen Erfordernisse, beispielsweise bei FMA machen es jedoch erforderlich, beim Einsatz derartiger Turbocodes darauf zu achten, daß die Datenübertragung unter voller Ausnutzung der Möglichkeiten der Turbo-Codes erfolgt.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die Dienstqualität
25 eines Übertragungskanals auch bei variabler Kanalqualität oder sich ändernden Anforderungen an die Dienstqualität auf einer vorgegebenen Dienstqualität zu halten beziehungsweise die Dienstqualität möglichst zu verbessern.

30 Erfindungsgemäß ist dazu das eingangs erwähnte Verfahren dadurch gekennzeichnet, daß zur Verbesserung der Dienstqualität die Dienstqualität aus den Varianzen der Softoutput-Ausgangssignale an dem Turbo-Decodierer bestimmt wird, und daß die Codierungsrate durch Anpassung der Punktierung so eingestellt
35 wird, daß eine vorgegebene Dienstqualität erhalten wird.

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren wird die Codierungsrate adaptiv durch die Anpassung der Punktierung am Ausgang des Turbo-Codierers eingestellt. Eine Erhöhung der Codierungsrate, das heißt, daß mehr Information auspunktiert wird, verschlechtert dabei bei gegebener Qualität des Übertragungskanals das Ergebnis der Decodierung. Dies bedeutet, daß sich die Bitfehlerrate BER erhöht. Empfängerseitig kann bei dem erfindungsgemäßen Verfahren die auf einem Übertragungskanal erreichte Dienstqualität mittels der Varianzen erkannt werden.

Liegt die Dienstqualität unter oder über einem gewissen Limit, das normalerweise durch den vom Benutzer geforderten Dienst bestimmt ist (Sprache, Daten) kann die Codierungsrate im Sender über einen Rückkanal adaptiv angepaßt werden. Hierzu werden die später im einzelnen beschriebenen Meßkurven verwendet. Der Vorteil des Verfahrens liegt in der adaptiv an den Kanal angepaßten Coderate. Hierdurch wird auf einem Übertragungskanal immer die maximal mögliche Nutzinformation für einen geforderten Dienst übertragen, da die für die Fehlerkorrektur erforderliche Codierung auf das minimal notwendige Maß reduziert wird. Die adaptive Anpassung der Codierungsrate ist im übrigen auch bei einem RCPTC möglich, obwohl die Punktierung dieses Codes für den Fachmann nicht auf der Hand liegt.

Unter dem Begriff Dienstqualität wird hier folgendes verstanden. Für verschiedene Dienste gelten bestimmte QoS-Kriterien (QoS = Quality of Service = Dienstqualität), und die Definitionen der QoS-Kriterien für verschiedene Trägerdienste sind im Rahmen von FRAMES ausgearbeitet worden. Ein wichtiger Bestandteil eines QoS-Kriteriums ist die Trägerdatenrate R. Das QoS-Kriterium umfaßt auch eine maximal zulässige Fehlerrate P_b^G oder eine Paketverlustrate P_l^G in Kombination mit einer maximalen Ausfallwahrscheinlichkeit P_{out}^G . Im Falle von leistungsvermittelten Diensten muß die Wahrscheinlichkeit $P \{P_b > P_b^G\}$, daß die augenblickliche Bitfehlerrate P_b die P_b^G übersteigt, nicht größer sein als P_{out}^G , das heißt

$$\Pr \{P_b > P_b^G\} < P_{out}^G.$$

Bei Sprachübertragung ist P_b^G gleich 10^{-3} und P_{out}^G gleich 0,05.

- 5 Bei Paketdiensten gilt eine ähnliche Bedingung für die augenblickliche Paketverlustrate P_1 :

$$\Pr \{P_1 > P_1^G\} < P_{out}^G.$$

- 10 Außer den Kriterien bezüglich Pr gibt es noch weitere Bedingungen im Rahmen des QoS-Kriteriums. Hier werden jedoch hauptsächlich die QoS-Parameter P_b^G , P_1^G und P_{out}^G betrachtet, die unmittelbar mit der Wahl des Fehlerkorrekturcodes (ECC) zu tun haben. Bei ECC bestimmen das Vielfachzugriffsverfahren, die Modulation und die Paketparameter im wesentlichen die Codierungsrate R_c . Mit anderen Worten hat die Codierungsrate R_c einen unmittelbaren Zusammenhang mit der Frage, ob ein QoS-Kriterium für einen bestimmten Dienst erfüllt wird oder nicht.

- 20 Bei einem Verfahren, bei dem empfängerseitig ein Soft-Input/Soft-Output-Symbol oder -Sequenzschätzer verwendet wird, ist es vorteilhaft, wenn die Dienstqualität aus den Varianzen σ^2 der Soft-Decision-Ausgangssignale des Turbo-Decodierers bestimmt wird, wobei vorteilhafterweise aus den Varianzen σ^2 die Bitfehlerrate als Maß für die Dienstqualität berechnet wird.

- 30 Bei einem Verfahren, bei dem empfängerseitig ein MAP-Symbolschätzer oder ein MAP-Sequenzschätzer verwendet wird, ist es vorteilhaft, wenn die Dienstqualität aus den Varianzen σ_{LLR}^2 der Soft-Decision-Ausgangssignale des Turbo-Decodierers bestimmt wird.

- 35 Bei einem Verfahren, bei dem empfängerseitig ein Viterbi-Algorithmus zur Sequenzschätzung verwendet wird, ist es vor-

teilhaft, wenn die Dienstqualität aus den Varianzen σ_{VIT}^2 der Soft-Decision-Ausgangssignale des Turbo-Decodierers bestimmt wird.

- 5 Da das erfindungsgemäße Verfahren sowohl bei MAP-Schätzern als auch bei einer Schätzung durch einen Viterbi-Algorithmus einsetzbar ist, gibt es praktisch keine Einschränkung bezüglich der wichtigsten Verfahren zur Symbol- und Sequenzschätzung. Dies gilt, obwohl in der folgenden speziellen Beschreibung diese Aussage nur im Zusammenhang mit einem MAP-Symbolschätzer belegt wird.

Nach einer vorteilhaften Ausgestaltung ist das erfindungsgemäße Verfahren dadurch gekennzeichnet, daß zur Punktierung die sogenannte Berrou's Punktierung eingesetzt wird, bei der nur die nicht-systematische Information punktiert wird. Diese Art der Punktierung ist bei geringeren Werten des Signal/Rausch-Verhältnisses vorteilhaft.

- 20 Nach einer vorteilhaften Ausgestaltung ist das erfindungsgemäße Verfahren dadurch gekennzeichnet, daß zur Punktierung die sogenannte UKL-Punktierung eingesetzt wird, bei der sowohl die systematische als auch die nicht-systematische Information punktiert wird. Diese Art der Punktierung ist vor-25 teilhaft bei höheren Signal/Rausch-Verhältnissen und daher bei Bitfehlerraten von $< 10^{-4}$.

Nach einer vorteilhaften Ausgestaltung ist das erfindungsgemäße Verfahren dadurch gekennzeichnet, daß die Codierungsrate erhöht wird, wenn die Dienstqualität über der vorgegebenen Dienstqualität liegt, und daß die Codierungsrate vermindert wird, wenn die Dienstqualität unter der vorgegebenen Dienstqualität liegt. Damit ist eine bestmögliche Nutzung der Kanalkapazität möglich, weil weniger Redundanzbits übertragen werden müssen, wenn die Kanalqualität besser ist.

Nach einer vorteilhaften Ausgestaltung ist das erfindungsgemäße Verfahren dadurch gekennzeichnet, daß die Erhöhung beziehungsweise Verminderung der Codierungsrate in Schritten zwischen 1/2 und 1 innerhalb der ratenkompatiblen Familie von 5 Codierungsraten, beispielsweise 1/3, 1/2, 2/3, 3/4, durchgeführt wird.

Zur Lösung der gestellten Aufgabe ist das erfindungsgemäße Verfahren zur Datenübertragung der eingangs genannten Art da- 10 durch gekennzeichnet, daß zur Verbesserung der Dienstqualität die Dienstqualität aus den Varianzen der Soft-Output-Ausgangssignale an dem Turbo-Decodierer bestimmt wird, und daß die Zahl der Decodierungs-Iterationen in Abhängigkeit von der Dienstqualität eingestellt wird. Dabei wird eine andere Vari- 15 ante zur Verbesserung der Dienstqualität ausgenutzt, was zusätzlich oder alternativ zu der Ausnutzung der Beeinflussung der Dienstqualität durch die Codierungsrate erfolgen kann.

Nach einer vorteilhaften Ausgestaltung ist das vorstehend ge- 20 nannte, erfindungsgemäße Verfahren dadurch gekennzeichnet, daß die Zahl der Decodierungsiterationen unter Berücksichti- gung der damit verbundenen Zeitverzögerung und der Verbesse- rung des Decodierungsergebnisses optimiert wird.

25 Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nun anhand der bei- liegenden Zeichnungen beschrieben. Es zeigen:

Figur 1 ein Blockdiagramm eines Turbo-Codierers;
Figur 2 ein Blockdiagramm eines RSC-Codierers, wie er in ei- 30 nem Turbo-Codierer nach Figur 1 verwendet wird;
Figur 3 ein Blockdiagramm eines Turbo-Decodierers;
Figur 4 eine graphische Darstellung zur Leistungsfähigkeit 35 eines RCPTC's bei einem AWGN-Kanal in Abhängigkeit von der Zahl der Iterationen bei der Turbo-Decodierung;

Figur 5 eine graphische Darstellung der Leistungsfähigkeit eines RCPTC's bei einem Rayleigh-Kanal bei verschiedener Anzahl von Iterationen bei der Turbo-Decodierung;

- 5 Figur 6 eine graphische Darstellung der Leistungsfähigkeit eines RCPTC's bei einem AWGN-Kanal in Abhängigkeit von unterschiedlichen Codierungsralten;

Figur 7 eine graphische Darstellung der Leistungsfähigkeit eines RCPTC's bei einem Rayleigh-Kanal in Abhängigkeit von verschiedenen Codierungsralten;

10 Figur 8 eine graphische Darstellung der Leistungsfähigkeit eines RCPTC's bei einem AWGN-Kanal für verschiedene Codierungsralten;

15 Figur 9 eine graphische Darstellung der Leistungsfähigkeit eines RCPTC's bei einem Rayleigh-Kanal bei unterschiedlichen Codierungsralten;

Figur 10 eine graphische Darstellung der Beziehung zwischen der Bitfehlerrate BER und der Varianz σ_{LLR}^2 am Ausgang des zweiten Decodierers; und

20 Figur 11 eine graphische Darstellung der Varianz σ_{LLR}^2 im Verhältnis zum Signal/Rausch-Verhältnis bei fehlerhaft beziehungsweise korrekt decodierten Paketen.

Im Hinblick auf einen ökonomischen Einsatz der Hardware sollte die ECC-Schaltung möglichst universell einsetzbar sein, während die ECC-Konfiguration durch eine Software-Steuerung eine hohe Flexibilität gestatten sollte. Der hier verwendete RCPTC ermöglicht dies, weil er die erforderliche Flexibilität aufweist. Der RCPTC kann mit dem in Figur 1 gezeigten Turbo-Codierer 2 erzeugt werden. Der Turbo-Codierer 2 weist $N_e = 2$ binäre, rekursive, systematische Faltungscodierer 4, 6 (RSC) mit einer kleinen Constraint-Länge, beispielsweise zwischen 3 und 5, auf, die unter Verwendung eines Turbo-Interleavers 8 parallel geschaltet sind. Die Eingangssequenz u wird dem Codierer 4 (RSC, Code 1) und über den Turbo-Code-Interleaver 8 an den Codierer 6 (RSC, Code 2) sowie einer Punktierungs/

Multiplexer-Einrichtung 10 zugeführt. Die Punktierungs/ Multiplexer-Einrichtung erhält einen weiteren Eingang C1 von dem Codierer 4 und einen weiteren Eingang C2 von dem Codierer 6. Der Ausgang der Punktierungs/Multiplexer-Einrichtung 10 ist
5 die Ausgangssequenz b.

Bei dem Turbo-Codierer 2 ist die minimale Coderate R_c, \min gleich $1/(N_{e+1}) = 1/3$. Die minimale Codierungsrate R_c, \min könnte weiter reduziert werden, indem zusätzliche RSC-
10 Codierer eingesetzt werden.

Die binäre Eingangssequenz u, die eine endliche Zeitspanne hat, wird in den Codierer 4 eingegeben und ergibt an dessen Ausgang die Redundanzsequenz C_1 mit derselben endlichen Dauer
15 wie u. Die Sequenz u_I , die die Sequenz u nach dem Interleaving darstellt, wird in den Codierer 6 gegeben. Die Codierung in dem Codierer 6 ergibt die Redundanzsequenz C_2 . Die Redundanzsequenzen C_1 und C_2 und die Sequenz u werden punktiert und gemultipliziert, um die Ausgangssequenz b zu bilden. Der Turbocodierer ist ein systematischer Codierer, wobei u die Basis der
20 in b enthaltenen, systematischen Information ist.

Ein RSC-Codierer, wie er für die Codierer 4 und 6 verwendet werden kann, ist in Figur 2 am Beispiel des Codierers 4 dargestellt. An einem Eingang des Codierers 4 steht die Sequenz u als systematische Information an. Die Sequenz u gelangt über ein Additionsglied 12 zu einer Verzögerungsstufe 14 und einem weiteren Additionsglied 16. Die Ausgangssignale der Verzögerungsstufe 14 gelangen an eine zweite Verzögerungsstufe
25 18 und an das Additionsglied 12. Die Ausgangssignale der zweiten Verzögerungsstufe 18 gelangen an die Additionsstufe 12 und die Additionsstufe 16. Der Ausgang der Additionsstufe ist dann die Redundanzsequenz c_1 .

30 35 Bei der Wahl dieses Codierers spielen die Hardwarekosten eine Rolle, die so niedrig wie möglich gehalten werden sollten.

Aus diesem Grund sind die beiden RSC-Codierer zur Verwendung im Rahmen von FRAMES identisch und haben eine Constraint-Länge von 3. Obwohl diese RSC-Codierer nur vier Zustände haben, zeigen sie eine gute Leistungsfähigkeit bei niedrigen 5 Werten des Signal/Rausch-Verhältnisses E_b/N_0 . Daher ist die Leistungsfähigkeit des RCPTC's mit diesen Codierern bei niedrigen Signal-Rausch-Verhältnissen vorteilhaft.

Die Ausgangssequenz b des Turbo-Codierers 2 gelangt über den 10 Übertragungskanal und einen Demodulator zu dem Turbo-Decodierer 22 (Figur 3), der einen RSC-Codierer 24 und einen zweiten RSC-Decodierer 26 aufweist. Zwischen einem Ausgang des Decodierers 24 und einem Eingang des Decodierers 26 ist ein Turbo-Code-Interleaver 28 vorgesehen. Zwischen einem Ausgang 15 des Decodierers 26 und einem Eingang des Decodierers 24 ist ein Turbo-Code-Interleaver 30 vorgesehen. Die Decoder 24, 26 sind Soft-Input/Soft-Output-Decoder.

Der Demodulator (nicht gezeigt) liefert Schätzwerte x_n der systematischen Information u_n , die in u enthalten sind, sowie 20 Schätzwerte $y_{1,n}$ und $y_{2,n}$ der übertragenen Redundanzbits, die von den Codierern 4 beziehungsweise 6 erzeugt worden sind. Die beiden Decodierer 24, 26 benötigen eine Kanalzustandsinformation (CSI = Channel State Information), die aus den au- 25 genblicklichen Signalamplituden und der Rauschvarianz be- steht. Jeder der Decodierer 24, 26 verarbeitet die systematische Information, die Redundanz und a-priori-Information $L_{e1,n}$ und $L_{e2,n}$ unter Verarbeitung der CSI, wodurch die extrinsische Information $L_{e2,n}$ und $L_{e1,n}$ erzeugt wird, die dann als a-priory- 30 Wissen bei dem nachfolgenden Decodierer verwendet wird. Die Decodierung ist iterativ, und das Ergebnis der Decodierung wird mit jeder Iteration verbessert. Das Maß der Verbesserung nimmt jedoch allmählich mit der weiteren Iteration ab. Nach einer gewissen Anzahl von Iterationen wird das Ausgangssignal 35 des Turbo-Decodierers 22 in einen Detektor (nicht gezeigt)

zugeführt, wie es bei derartigen Übertragungssystemen üblich ist.

Um den Einsatz des RCPTC's auf die vorhandenen Diensterfordernisse anzupassen, könnte man daran denken, die RSC-Codierer anzupassen, was jedoch zu einer unerwünschten Mehrbelastung im Bezug auf die Hardwarekosten führen würde. Die Anpassung der Interleavergröße auf die speziellen Dienste ist an sich bekannt und stellt auch bei der Verwendung eines RCPTC's wegen dessen Flexibilität ein Problem dar.

Des Weiteren kann die Zahl der Iterationen bei der Decodierung entsprechend dem QoS-Kriterium eingestellt werden unter Berücksichtigung der gesamten Codierungskomplexität. Zwei Möglichkeiten, um diese Eigenschaft des Turbocodes auszunutzen, sind an dem Empfänger gegeben. Für ein vorgegebenes QoS-Kriterium kann die Zahl der Iterationen mit ansteigendem Signal/Rausch-Verhältnis E_b/N_0 erhöht werden. Dies ist besonders vorteilhaft bei Fading-Kanälen, beispielsweise bei Übertragungskanälen. Andererseits kann die Zahl der Iterationen auch mit einem sich zeitlich ändernden QoS-Kriterium variiert werden. Die Einstellbarkeit der Zahl der Decodierungs-Iterationen ist nur bei der Verwendung von Turbo-Codes, insbesondere eines RCPTC's gegeben.

Eine weitere Möglichkeit die Leistungsfähigkeit in einem System mit einem RCPTC zu verbessern, besteht darin, die Punktierung einzustellen, so daß ein RCPTC mit variierenden Coderaten $R_{c,min} \leq R_c \leq R_{c,max}$ bereitgestellt werden können, wo durch die Codierungseigenschaften bei unveränderten Turbo-code-Interleavern und RSC-Codierern geändert werden können.

Für die Punktierung stehen prinzipiell die Sequenzen u , c_1 und c_2 zu Verfügung. Wenn zwei der Sequenzen voll durch Punktierung unterdrückt werden, wird die maximale Coderate $R_{c,max} = 1$ angenommen. In diesem Fall hängen die Codierungseigenschaften

davon ab, welche der Sequenzen punktiert werden. Wenn beispielweise die Redundanzsequenzen c_1 und c_2 vollständig punktiert werden, wobei nur die Sequenz u unverändert durchgelassen wird, ist eine ECC nicht erhältlich, und Zeit Diversity-
5 Gewinne sind an den Empfängern bei Fading-Kanälen nicht erreichbar. In diesem Fall reduziert sich der Turbo-Decodierer auf einen einfachen Schwellenwertdetektor.

Wenn eine der Redundanzsequenzen C_1 oder C_2 voll durch die
10 Punktierung unterdrückt wird, wobei nur die zweite Redundanzsequenz zusammen mit der Sequenz u hindurchtreten kann, wird der Turbo-Codierer zu einem herkömmlichen RSC-Codierer. Der Turbo-Decodierer reduziert sich zu einem RSC-Decodierer, der zur Durchführung einer halben Iteration realisiert ist. Ein
15 a-priori-Wissen basierend auf einer extrinsischen Information ist in diesem Fall nicht vorhanden. Die Codierungsrate R_c kann zwischen $\frac{1}{2}$ und 1 je nach dem QoS-Kriterium variiert werden. Da $N_e = 2$ gilt, können die RSC-Codierer auf zwei unterschiedlichen Codes basieren, und das QoS-Kriterium und die Codie-
20 rungskomplexität können variiert werden, indem eine bestimmte Redundanzsequenz C_1 oder C_2 ohne Änderung der Codierungsrate R_c unterdrückt wird.

Die oben erwähnten Möglichkeiten verhindern jedoch einen Turbo-Code-Betrieb, der nur zur Verfügung steht, wenn Bits von
25 beiden Redundanzsequenzen C_1 und C_2 übertragen werden und gilt:

$$u_n \neq u_{1,n}$$

30 wobei u_n und $u_{1,n}$ in u beziehungsweise u_1 enthalten sind. In diesem Fall gilt:

$$R_{c,\min} \leq R_c < 1.$$

Die minimale Codierungsrate $R_{c,\min} = 1/(N_e + 1)$ wird realisiert, wenn keine Punktierung durchgeführt wird. In diesem Fall kann entweder die herkömmliche RSC-Decodierung oder die Turbo-Decodierung realisiert werden, je nach dem QoS-Kriterium und Übertragungskanalzustand, wobei beide Faktoren bei Übertragungsanwendungen zeitlich variieren.

Bei echtem Turbo-Codebetrieb sind folgende Varianten möglich. Die Sequenz u wird nicht punktiert, die Redundanzsequenzen c_1 und c_2 werden teilweise punktiert. In diesem Fall ist ein Betrieb als RSC-Code oder als Turbo-Code möglich, die Zahl der Decodierungs-Iterationen ist einstellbar und die Codierungsrate kann zwischen 1/3 und 1 liegen. Diese Art der Punktierung wird Berrou's-Punktierung genannt.

Eine alternative Möglichkeit besteht darin, daß die Sequenz u und die Redundanzsequenzen c_1 und c_2 teilweise punktiert werden. In diesem Fall ist ein Betrieb mit RSC-Code nicht möglich, sondern nur mit einem Turbo-Code. Die Zahl der Decodierungs-Iterationen ist einstellbar, und die Codierungsrate kann zwischen 1/3 und 1 liegen. Diese Art der Punktierung wird UKL-Punktierung (UKL = University Kaiserslautern) genannt. Schließlich kann noch der Fall betrachtet werden, daß keine Punktierung stattfindet. In diesem Fall ist der Betrieb mit einem RSC-Code und einem Turbo-Code möglich. Die Zahl der Decodierungs-Iterationen ist einstellbar und die Codierungsrate liegt bei 1/3.

Das vorteilhafte Merkmal bei RCPTC liegt in der Möglichkeit, die Codierungsrate R_c adaptiv zu ändern, wobei bei einem ARQ die erforderliche Information übertragen werden kann, ohne das gesamte, codierte Paket übertragen zu müssen. Die Übertragung eines zusätzlichen Teiles der Information, der die Differenz in der Codierungsrate ausgleicht, ist ausreichend.

Nachdem die Möglichkeiten der Anpassung der Codierung, im Fall von RCPTC beschrieben wurden, werden nun die Auswirkungen der Anpassungsmöglichkeiten auf die Leistungsfähigkeit des Systems bei Verwendung von RCPCT anhand von Simulationen 5 beschrieben.

Figur 4 zeigt die Leistungsfähigkeit des RCPTC in einer grafischen Darstellung in der die Bitfehlerrate BER gegen das Signal/Rausch-Verhältnis E_b/N_0 für eine Sprachübertragung über 10 einen AWGN-Kanal dargestellt ist. Die Paketgröße war 150 bit, und die Codierungsrate etwa = 1/3. Die Trägerdatenrate für die Sprachübertragung betrug 8 = kbit/s. Die uncodierte Übertragung wird als Bezugslinie gezeigt. Der Parameter dieser Simulationen ist die Zahl der Decodierungs-Iterationen, die 15 zwischen 1 und 5 variiert. Nach der ersten Decodierungs-Iteration ist das minimale Signal/Rausch-Verhältnis, das erforderlich ist, um eine Bitfehlerrate von $< 10^{-3}$ zu erreichen, etwa gleich 3,5 dB. Nach der zweiten Decodierungs-Iteration ist etwa 1,3 dB weniger erforderlich. Die nächste Decodierungs-Iteration ermöglicht einen weiteren Gewinn von 0,2 dB. 20 Die nächsten Iteration ermöglichen Gewinne von weniger als 0,1 dB. Nach fünf Iterationen ist das minimale Signal/Rausch-Verhältnis, das für eine Bitfehlerrate von weniger als 10^{-3} erforderlich ist, etwa gleich 1,8 dB. Es ist demnach ersichtlich, daß die Leistungsverbesserung mit zunehmender Iterationen weniger wird. Im Vergleich erfordert ein herkömmlicher 25 NSC-Code mit einer Constraint-Länge von 9 etwa 1,9 dB, um dieselbe Bitfehlerrate von $< 10^{-3}$ zu erreichen. Der RCPTC ist daher etwas leistungsfähiger als herkömmliche Codes selbst 30 bei so kleinen Paketgrößen wie 150 bit.

Figur 5 zeigt die Leistungsfähigkeit des RCPTC in einer grafischen Darstellung, in der die Bitfehlerraten BER gegen das Signal/Rausch-Verhältnis E_b/N_0 für Schmalband-ISDN bei einer 35 Trägerdatenrate von 144 kbit/S, einer Paketgröße von 672 bit, einer Coderate von etwa $\frac{1}{2}$ und einem voll einem Interleaving

unterzogenen Rayleigh-Fading-Kanal gezeigt ist. Der Simulationsparameter ist wiederum die Zahl der Decodierungs-Iterationen. Nach vier Decodierungs-Iterationen erfordert eine Bitfehlerrate von weniger als 10^{-3} ein minimales Signal/

- 5 Rausch-Verhältnis von 3,8 dB. Nach zehn Iterationen sind nur noch etwa 3,4 dB erforderlich. Ein herkömmlicher NSC-Code mit einer ähnlichen Decodierungskomplexität wie vier Decodierungs-Iterationen hat einen Constraint-Länge von 8 und erfordert ein um 1,1 dB höheres Signal/Rausch-Verhältnis.

10

Die Figuren 6 bis 9 zeigen graphische Darstellungen für die Leistungsfähigkeit bei Verwendung von RCPTC, wobei die Bitfehlerrate BER beziehungsweise die Rahmenfehlerrate FER gegen das Signal/Rausch-Verhältnis E_b/N_0 aufgetragen ist. Figur 6

- 15 zeigt die Bitfehlerrate gegen das Signal/Rausch-Verhältnis bei einer Paketgröße von 672 bit, zehn Decodierungs-Iterationen und einem AWGN-Kanal. Figur 7 zeigt die Bitfehlerrate gegen das Signal/Rausch-Verhältnis bei einer Paketgröße von 672 bit, zehn Decodierungs-Iterationen und einem voll einem

- 20 Interleaving unterworfenen Rayleigh-Fading-Kanal. Figur 8 zeigt die Rahmenfehlerrate FER gegen das Signal/Rausch-Verhältnis bei einer Paketgröße von 672 bit, zehn Decodierungs-Iterationen und einem AWGN-Kanal. Figur 9 zeigt die Rahmenfehlerrate gegen das Signal/Rausch-Verhältnis bei einer

- 25 Paketgröße von 672 bit, 10 Decodierungs-Iterationen und einem voll einem Interleaving unterworfenen Rayleigh-Fading-Kanal.

- In den graphischen Darstellungen der Figuren 6 bis 9 werden zwei unterschiedliche Punktierungsverfahren angewendet, nämlich die Berrou's-Punktierung und die UKL-Punktierung, die

- 30 oben erwähnt wurden. Es ist ersichtlich, daß die Berrou's-Punktierung eine bessere Leistungsfähigkeit bei geringeren Werten des Signal/Rausch-Verhältnisses hat, während die UKL-Punktierung bei einem hohen Signal/Rausch-Verhältnis und daher bei Bitfehlerraten von $< 10^{-4}$ vorteilhaft ist. Die Kreuzungspunkte bewegen sich in Richtung auf niedrigere Bitfehlerraten bei wachsenden Codierungsralten.

- 35

In Figur 10 ist die Bitfehlerrate gegen die Varianz der log-Likelihood-Verhältnisse (LLR = Log-Likelihood Ratio) an dem Ausgang des zweiten Decodierers gezeigt, wobei ein RCPTC, eine Paketgröße von 372 bit, zehn Decodierungs-Iterationen und ein AWGN-Kanal angenommen wird. Aus dieser Figur ist ersichtlich, daß die Codierungsrate keinen Einfluss auf die Beziehung zwischen der Bitfehlerrate und der Varianz σ^2_{LLR} hat, weil diese beiden Größen eine ähnliche Abhängigkeit von dem Signal/Rausch-Verhältnis E_B/N_0 haben. Daher kann, wenn σ^2_{LLR} bekannt ist, eine Abschätzung der Bitfehlerrate leicht durchgeführt werden, deren Ergebnis als Basis für eine Aktion dienen kann, beispielsweise für eine Anpassung der Decodierungs-Iterationszahl oder der Codierungsrate zur Verbesserung der Übertragungsqualität oder, im Falle von ARQ, zur Anforderung einer erneuten Sendung eines fehlerhaft codierten Pakets.

Schließlich zeigt Figur 11 die Varianz σ^2_{LLR} des Log-Likelihood-Verhältnisses LLR am Ausgang des zweiten Decodierers im Verhältnis zu dem Signal/Rausch-Verhältnis E_B/N_0 bei Verwendung von RCPTC mit einer Paketgröße von 600 bit, einer Code-rate von etwa 5/9, zehn Decodierungs-Iterationen und einem AWGN-Kanal. Der RCPTC war für einen 64 kbit/S-Trägerservice ausgelegt. Aus Figur 11 ergibt sich, daß eine ähnliche Überlegung wie im Zusammenhang mit Figur 10 auch für die Abhängigkeit der Varianz σ^2_{LLR} von dem Auftreten von Paketfehlern zutrifft. σ^2_{LLR} ist bei fehlerhaft decodierten Paketen immer größer als σ^2_{LLR} im Falle von korrekt decodierten Paketen. Wenn daher das Signal/Rausch-Verhältnis E_B/N_0 und σ^2_{LLR} für ein gerade überprüftes Paket bekannt sind, kann eine Soft-Decision-Variable, die mit der Wahrscheinlichkeit eines Paketfehlers in Beziehung steht, leicht erzeugt und zu Steuerungszwecken eingesetzt werden.

Obwohl sich die vorliegende Beschreibung hauptsächlich auf die Anwendung der Erfindung auf den digitalen Mobilfunk be-

zieht, ist die Erfindung nicht darauf beschränkt sondern kann allgemein bei digitalen Übertragungssystemen, beispielsweise bei leistungsgebundenen Systemen, optischen Übertragungssystemen (Infrarot- und Laser-Übertragungssysteme), Satellitenfunksystemen, Deep-Space-Übertragungssystemen, Richtfunk-Übertragungssystemen und Rundfunk-Übertragungssystemen (Digitales Radio oder TV), mit den genannten Vorteilen eingesetzt werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Datenübertragung auf Übertragungskanälen einem digitalen Übertragungssystem, bei dem zur Kanalcodierung senderseitig in einem Turbo-Codierer eine Turbo-Codierung und empfängerseitig in einem Turbo-Decodierer eine Turbo-Decodierung mit Soft-Decision-Ausgangssignalen durchgeführt wird, dadurch gekennzeichnet, daß zur Verbesserung der Dienstqualität
 - 5 10 - die Dienstqualität aus den Varianzen der Softoutput-Ausgangssignale an dem Turbo-Decodierer bestimmt wird, und daß - die Codierungsrate durch Anpassung der Punktierung so eingestellt wird, daß eine vorgegebene Dienstqualität erhalten wird.
- 15 2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei empfängerseitig ein Soft-Input/Soft-Output- Symbol oder -Sequenzschätzer verwendet wird, dadurch gekennzeichnet, daß die Dienstqualität aus den Varianzen σ^2 der Soft-Decision-Ausgangssignale des Turbo-Decodierers bestimmt wird.
- 25 3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß aus den Varianzen σ^2 die Bitfehlerrate als Maß für die Dienstqualität berechnet wird.
4. Verfahren nach Anspruch 2, wobei empfängerseitig ein MAP-Symbolschätzer oder ein MAP-Sequenzschätzer verwendet wird, dadurch gekennzeichnet, daß die Dienstqualität aus den Varianzen σ^2_{LLR} der Soft-Decision-Ausgangssignale des Turbo-Decodierers bestimmt wird.
- 35 5. Verfahren nach Anspruch 2, wobei empfängerseitig ein Viterbi-Algorithmus zur Sequenzschätzung verwendet wird, dadurch gekennzeichnet, daß die Dienstqualität aus den Varianzen σ^2_{VIT} der Soft-Decision-Ausgangssignale des Turbo-Decodierers bestimmt wird.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zur Punktierung eine sogenannte Berrou's Punktierung eingesetzt wird, bei der nur die nicht-systematische Information punktiert wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß zur Punktierung eine sogenannte UKL-Punktierung eingesetzt wird, bei der sowohl die systematische als auch die nicht-systematische Information punktiert wird.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Codierungsrate erhöht wird, wenn die Dienstqualität über der vorgegebenen Dienstqualität liegt, und daß die Codierungsrate vermindert wird, wenn die Dienstqualität unter der vorgegebenen Dienstqualität liegt.

9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Erhöhung beziehungsweise Verminderung der Codierungsrate in Schritten zwischen 1/2 und 1 innerhalb der ratenkombinablen Familie von Codierungsraten, beispielsweise 1/3, 1/2, 2/3, 3/4, durchgeführt wird.

10. Verfahren zur Datenübertragung, insbesondere nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zur Verbesserung der Dienstqualität
- die Dienstqualität aus den Varianzen der Soft-Output-Ausgangssignale an dem Turbo-Decodierer bestimmt wird, und daß
- die Zahl der Decodierungs-Iterationen in Abhängigkeit von der Dienstqualität eingestellt wird.

11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Zahl der Decodierungsiterationen unter Berücksichtigung der damit verbundenen Zeitverzögerung und der Verbesserung des Decodierungsergebnisses optimiert wird.

1/5

FIG 1

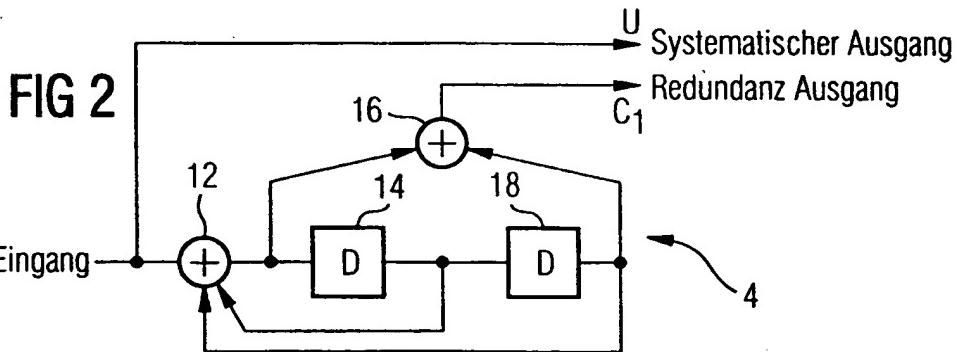
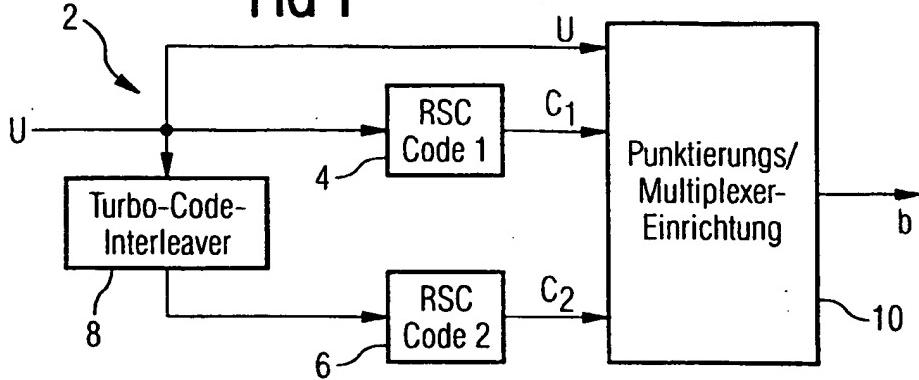
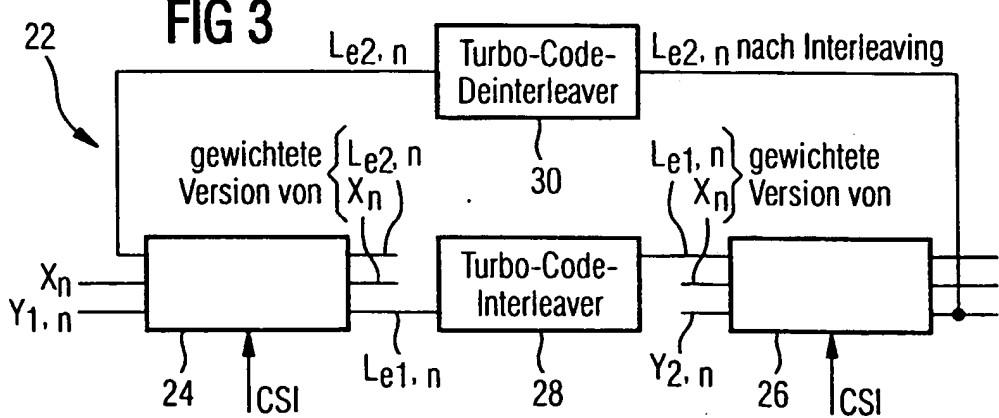
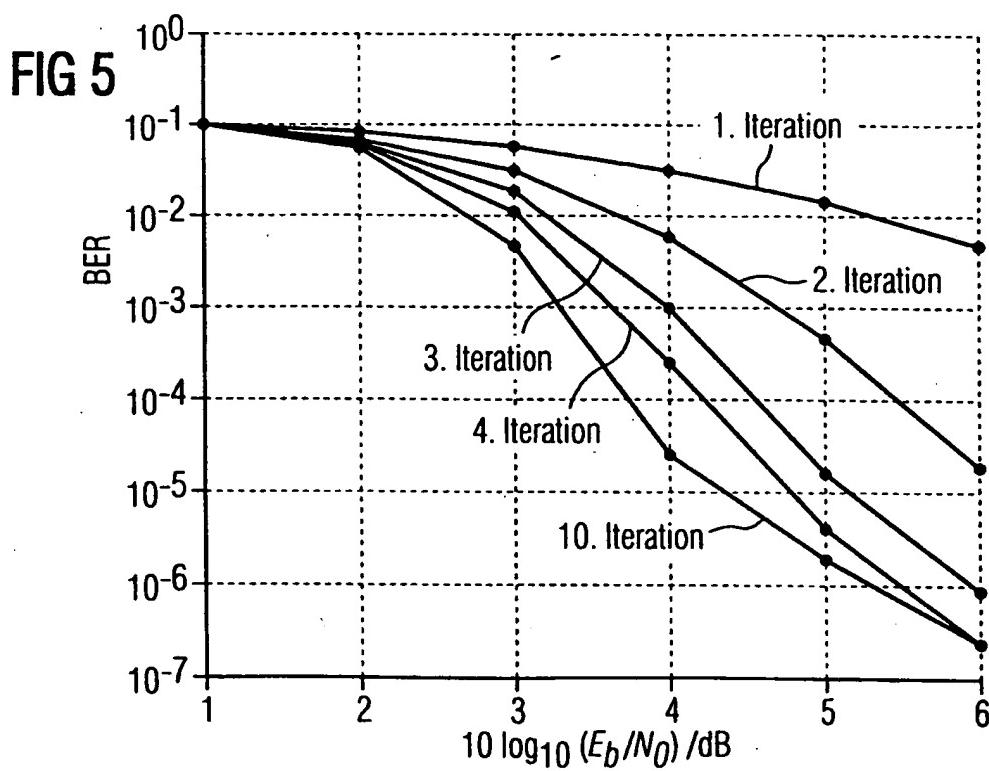
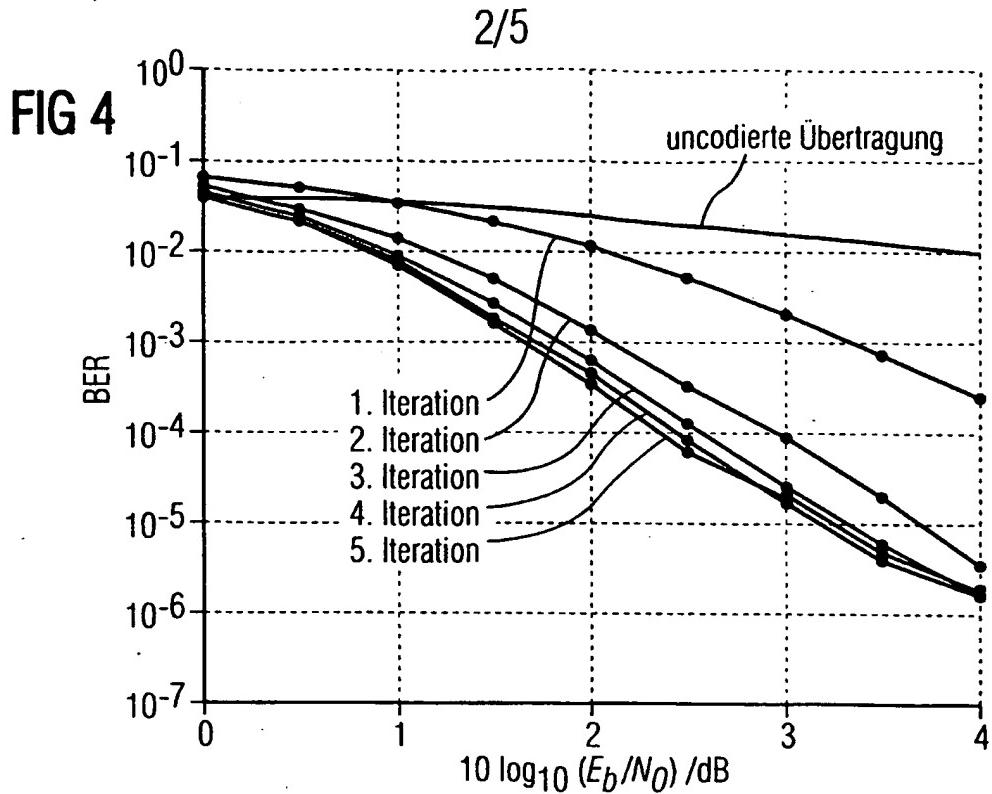
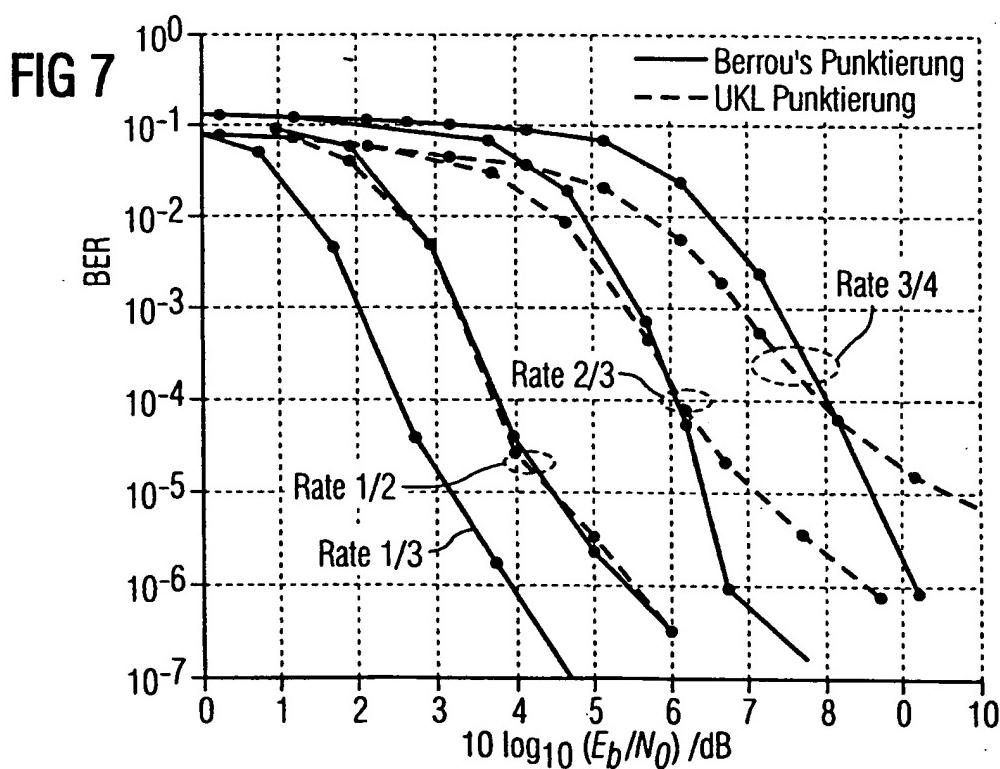
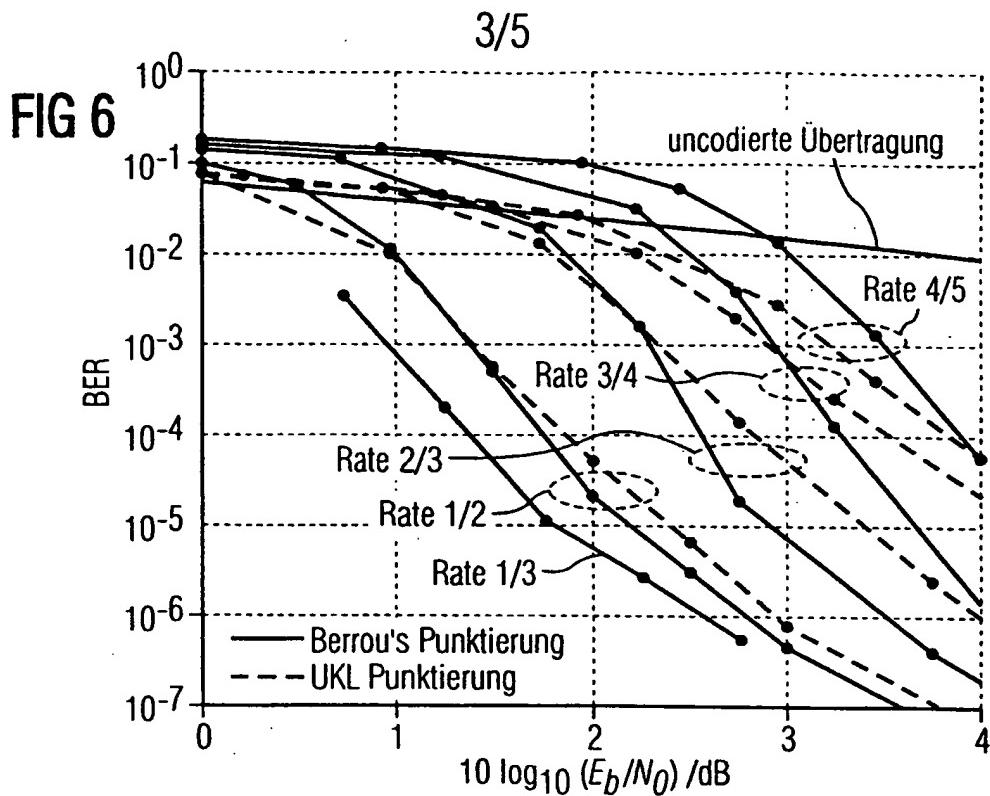


FIG 3







4/5

FIG 8

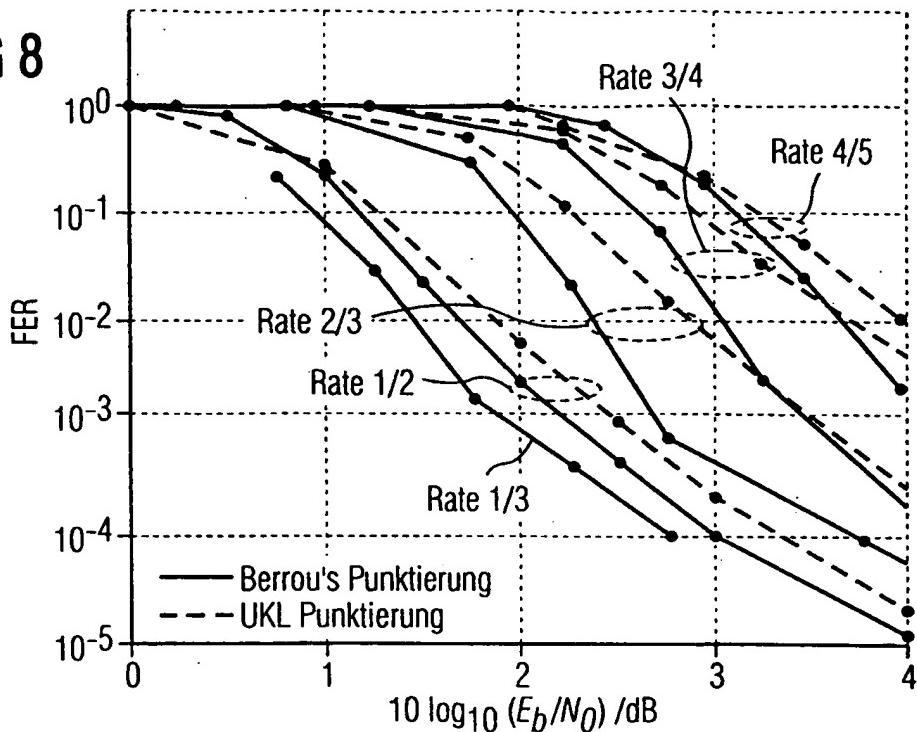
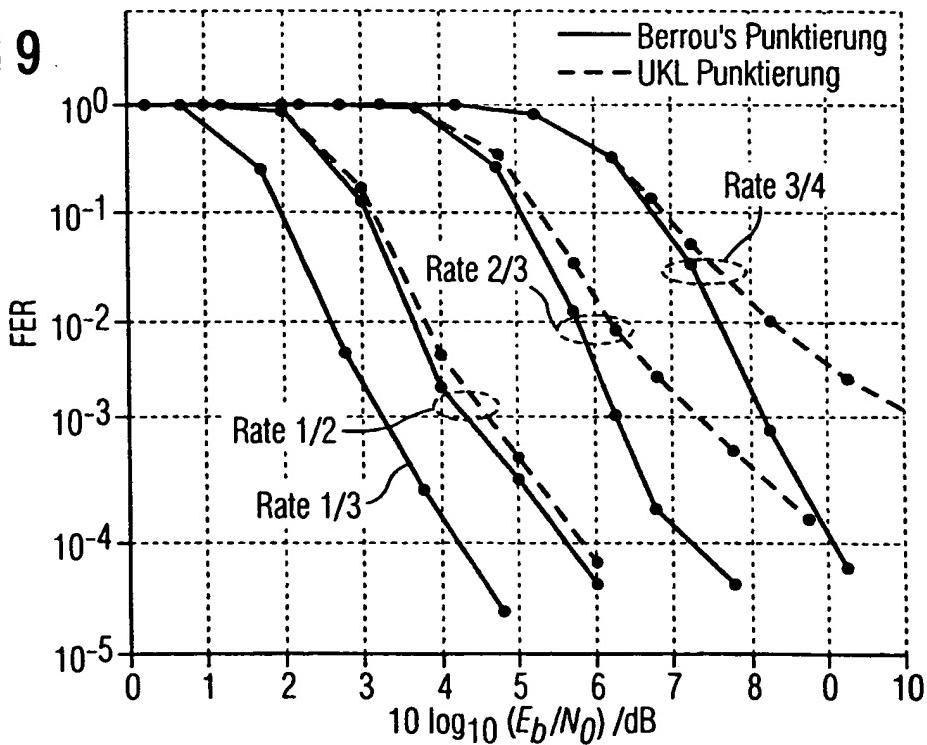
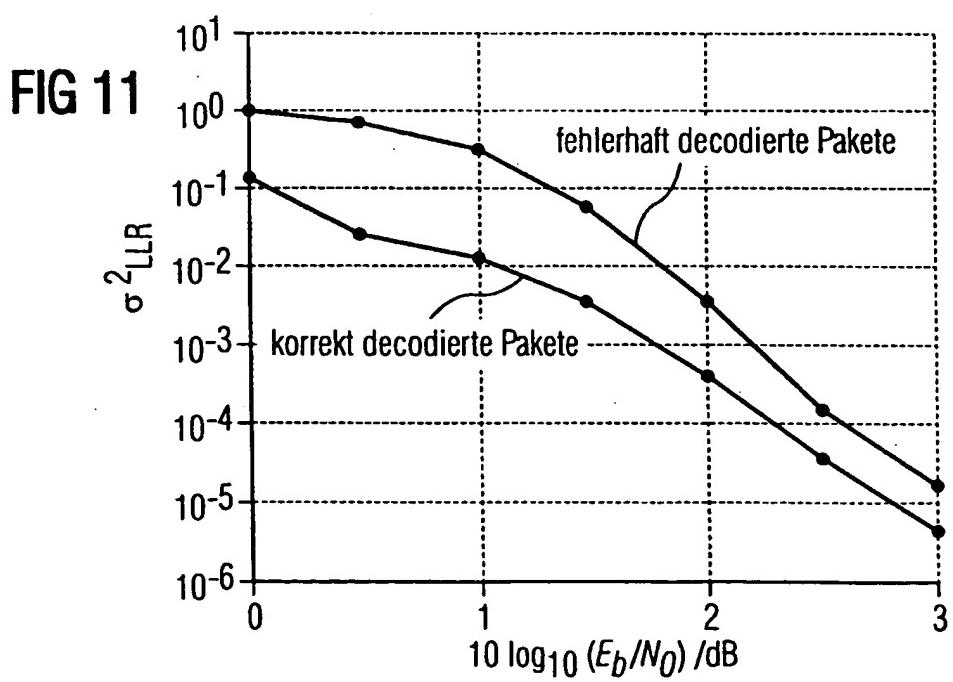
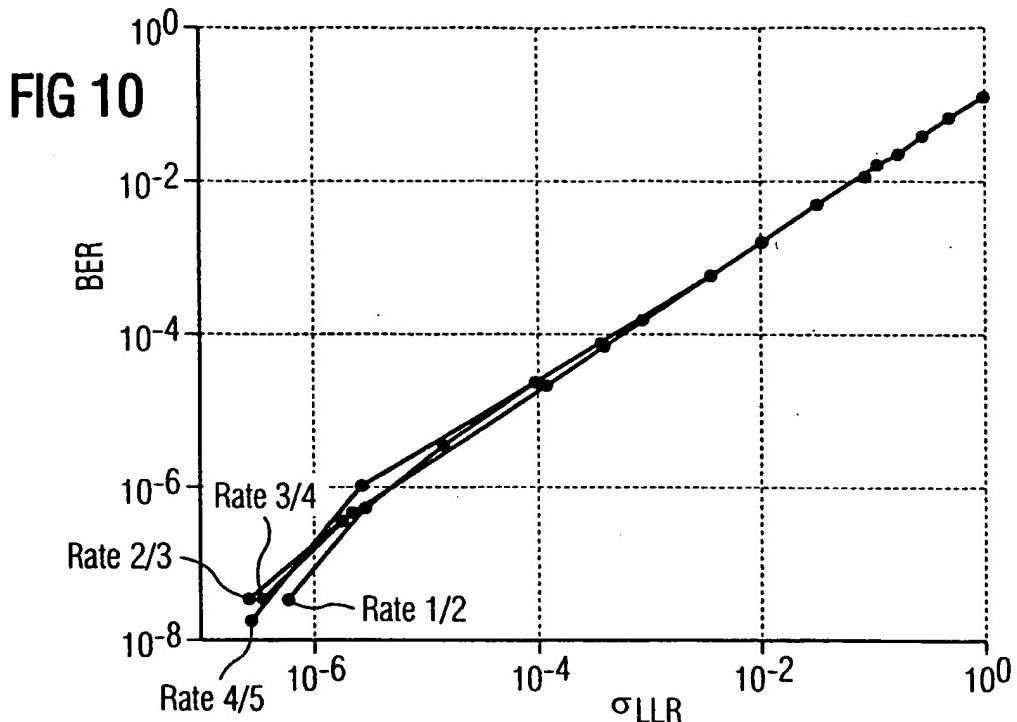


FIG 9



5/5



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

National Application No

PCT/DE 98/02166

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 IPC 6 H04L1/00 H04L1/12

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 6 H04L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	<p>DENG R H ET AL: "A TYPE I HYBRID ARQ SYSTEM WITH ADAPTIVE CODE RATES" IEEE TRANSACTIONS ON COMMUNICATIONS, vol. 43, no. 2/4, PART 2, February 1995, pages 733-737, XP000502579 New York, US see page 733, right-hand column, line 12 - line 28 see page 734, right-hand column, line 14 - line 22</p> <p>----</p> <p style="text-align: center;">-/-</p>	1-9

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the International filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the International filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

27 January 1999

Date of mailing of the International search report

09/02/1999

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Ghigliotti, L

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/DE 98/02166

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	<p>NASSHAN M ET AL: "New results on the application of antenna diversity and turbo-codes in a JD-CDMA mobile radio system" 5TH IEEE INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON PERSONAL, INDOOR AND MOBILE RADIO COMMUNICATIONS (PIMRC'94), AND ICCC REGIONAL MEETING ON WIRELESS COMPUTER NETWORKS (WCN), THE HAGUE, THE NETHERLANDS, vol. 2, 18 - 23 September 1994, pages 524-528, XP002091099 Amsterdam, IOS Press, Netherlands see abstract see page 526, left-hand column, line 2 - line 17 see page 527, left-hand column, line 15 - line 27</p> <p>-----</p>	1-9
A	<p>ROBERTSON P: "ILLUMINATING THE STRUCTURE OF CODE AND DECODER OF PARALLEL CONCATENATED RECURSIVE SYSTEMATIC (TURBO) CODES" PROCEEDINGS OF THE GLOBAL TELECOMMUNICATIONS CONFERENCE (GLOBECOM), vol. 3, 28 November 1994 - 2 December 1994, pages 1298-1303, XP000488744 INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS see page 1300, paragraph 3.2</p> <p>-----</p>	10,11
A	<p>EP 0 755 122 A (SIEMENS AG) 22 January 1997 see abstract</p> <p>-----</p>	10,11
A	<p>JUNG P: "COMPARISON OF TURBO-CODE DECODERS APPLIED TO SHORT FRAME TRANSMISSION SYSTEMS" IEEE JOURNAL ON SELECTED AREAS IN COMMUNICATIONS, vol. 14, no. 3, 1 April 1996, pages 530-537, XP000586080 cited in the application see figure 1</p> <p>-----</p>	1-11

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

national Application No

PCT/DE 98/02166

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0755122 A	22-01-1997	DE 19526416 A US 5761248 A	23-01-1997 02-06-1998

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

nationales Aktenzeichen

PCT/DE 98/02166

A. KLASSEFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 6 H04L1/00 H04L1/12

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
IPK 6 H04L

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	<p>DENG R H ET AL: "A TYPE I HYBRID ARQ SYSTEM WITH ADAPTIVE CODE RATES" IEEE TRANSACTIONS ON COMMUNICATIONS, Bd. 43, Nr. 2/4, PART 2, Februar 1995, Seiten 733-737, XP000502579 New York, US siehe Seite 733, rechte Spalte, Zeile 12 - Zeile 28 siehe Seite 734, rechte Spalte, Zeile 14 - Zeile 22</p> <p>---</p> <p>-/-</p>	1-9



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

- * Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
- "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- "E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

- "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
- "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden
- "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann nahelegend ist
- "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der Internationalen Recherche

27. Januar 1999

Absendedatum des Internationalen Recherchenberichts

09/02/1999

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Ghigliotti, L

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

nationales Aktenzeichen

PCT/DE 98/02166

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	<p>NASSHAN M ET AL: "New results on the application of antenna diversity and turbo-codes in a JD-CDMA mobile radio system" 5TH IEEE INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON PERSONAL, INDOOR AND MOBILE RADIO COMMUNICATIONS (PIMRC'94), AND ICCC REGIONAL MEETING ON WIRELESS COMPUTER NETWORKS (WCN), THE HAGUE, THE NETHERLANDS, Bd. 2, 18. - 23. September 1994, Seiten 524-528, XP002091099 Amsterdam, IOS Press, Netherlands siehe Zusammenfassung siehe Seite 526, linke Spalte, Zeile 2 - Zeile 17 siehe Seite 527, linke Spalte, Zeile 15 - Zeile 27</p> <p>-----</p>	1-9
A	<p>ROBERTSON P: "ILLUMINATING THE STRUCTURE OF CODE AND DECODER OF PARALLEL CONCATENATED Recursive SYSTEMATIC (TURBO) CODES" PROCEEDINGS OF THE GLOBAL TELECOMMUNICATIONS CONFERENCE (GLOBECOM), Bd. 3, 28. November 1994 - 2. Dezember 1994, Seiten 1298-1303, XP000488744 INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS siehe Seite 1300, Absatz 3.2</p> <p>-----</p>	10,11
A	<p>EP 0 755 122 A (SIEMENS AG) 22. Januar 1997 siehe Zusammenfassung</p> <p>-----</p>	10,11
A	<p>JUNG P: "COMPARISON OF TURBO-CODE DECODERS APPLIED TO SHORT FRAME TRANSMISSION SYSTEMS" IEEE JOURNAL ON SELECTED AREAS IN COMMUNICATIONS, Bd. 14, Nr. 3, 1. April 1996, Seiten 530-537, XP000586080 in der Anmeldung erwähnt siehe Abbildung 1</p> <p>-----</p>	1-11

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

nationales Aktenzeichen

PCT/DE 98/02166

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0755122 A	22-01-1997	DE 19526416 A US 5761248 A	23-01-1997 02-06-1998